



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 43 04 818 A1

(51) Int. Cl. 5:  
**G 01 L 5/00**

G 01 L 1/02  
G 01 L 9/08  
G 01 D 5/28  
G 01 D 3/04  
G 01 L 1/16  
G 01 L 1/04  
G 01 M 13/04

(21) Aktenzeichen: P 43 04 818.8  
(22) Anmeldetag: 17. 2. 93  
(43) Offenlegungstag: 18. 8. 94

(71) Anmelder:  
Grell, Karl-Ludwig, 91086 Aurachtal, DE

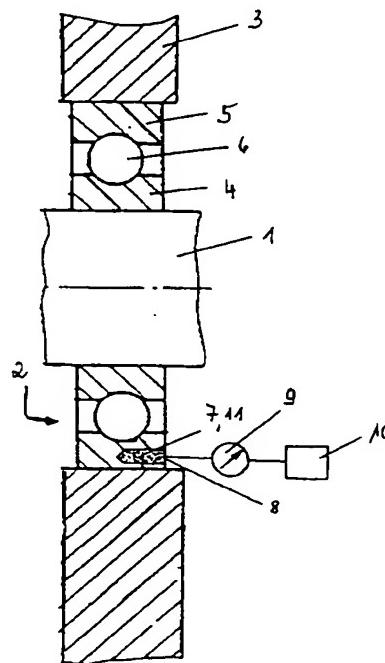
(72) Erfinder:  
gleich Anmelder

(54) Einrichtung zum Erfassen von lastinduzierten Spannungen in Wälzlagern

(55) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Erfassen von lastinduzierten Spannungen in Wälzlagern (2), die durch Überrollvorgänge von Wälzkörpern (6) hervorgerufen werden.

Die Einrichtung zeigt sich dadurch aus, daß in einem Innenring (4) oder Außenring (5) mindestens eine bis in die Lastzone führende axiale Bohrung (7) angeordnet ist, diese Bohrung (7) mit einer hydraulischen Flüssigkeit (11) gefüllt ist, an ihrem offenen Ende mit einer Membran (8) verschlossen ist, an der ein Meßfühler (9) angeordnet ist, der mit einer Bewertungseinrichtung (10) verbunden ist.

Die elastischen Verformungen, hervorgerufen durch die Überrollvorgänge der Wälzkörper (6) führen zu einer Volumenverkleinerung der mit einer hydraulischen Flüssigkeit (11) gefüllten axialen Bohrung (7). Diese Volumenverkleinerung bewirkt eine Erhöhung des hydrostatischen Druckes und repräsentiert entsprechend der Anzahl der vorhandenen axialen Bohrungen (7) die örtlichen Beanspruchungen des Lagers (2).



**DE 43 04 818 A1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 06. 94 408 033/448

**DE 43 04 818 A1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Erfassen von lastinduzierten Spannungen in Wälzlagern, die durch Überrollvorgänge der Wälzkörper hervorgerufen werden.

An den Berührungsstellen zwischen Wälzkörpern und Lagerringen treten bei der Kraftübertragung sehr hohe örtliche Druckspannungen, sogenannte Hertz'sche Pressungen auf. Diese können bis zu 4000 N/mm<sup>2</sup> betragen. Oberflächendefekte in den Wälzkörpern oder in den Laufbahnen der Lagerringen ergeben somit Änderungen in den Überrollbedingungen, die sich wieder in veränderten Hertz'schen Pressungen niederschlagen. Für die Überwachung eines Wälzlagers spielt daher die Hertz'sche Pressung eine entscheidende Rolle.

So ist beispielsweise in der DE-OS 29 47 937 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung von Wälzlagerschäden beschrieben. Dieses Verfahren beruht auf der Erkenntnis, daß die örtliche Beanspruchung der Kraftwirkungslinie durch einen geometrischen ausgebildeten Schaden beim Überrollen durch einen Wälzkörper eine andere ist als im Falle, daß das Lager schadensfrei ist. Solange das Lager ohne Schaden ist, ist an den Meßfühlern eine sinusartig schwellende Beanspruchung festzustellen. Dazu sind an den Teilen der Lageraufnahme sowohl außerhalb des Lageraußenringes als auch innerhalb des Lagerinnenringes Dehnungsmeßstreifen angeordnet, die die örtliche Beanspruchung in ein elektrisches Signal umwandeln. Dies erfolgt dadurch, daß der Dehnungsmeßstreifen die bei Belastung an der Meßstelle auftretenden Dehnungen oder Stauungen mit macht, was zu einer elastischen Längung mit Querkontraktion oder Verkürzung mit Querstauung des Widerstandsrahmes und als Folge davon zu einer Widerstandsänderung führt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zu entwickeln, die andere Meßprinzipien zur Erfassung von induzierten Lastspannungsimpulsen benützt.

Erfnungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß im Innen- oder Außenring mindestens eine bis in die Lastzone führende axiale Bohrung angeordnet ist, deren radialer Abstand von der Laufbahn des Innen- oder Außenringes das drei- bis zehnfache des Abstandes des maximalen Schubspannungspunktes von der Laufbahn beträgt, diese Bohrung mit einer hydraulischen Flüssigkeit gefüllt ist, an ihrem offenen Ende mit einer Membran verschlossen ist, an der ein Meßföhler angeordnet ist, der mit einer Bewertungseinrichtung verbunden ist.

Beim Abrollen der belasteten Wälzkörper auf den Laufbahnen der Lageringe entstehen elastische Verformungen, die zu periodischen Schwingungen führen. Diese elastischen Verformungen bzw. Schwingungen führen zu einer kurzzeitigen Volumenverkleinerung der mit einer hydraulischen Flüssigkeit gefüllten radialen Bohrung. Entsprechend der Gesetzen der Hydrostatik, wonach der Druck in einer Flüssigkeit gleichmäßig in alle Richtungen wirkt, bewirkt diese Volumenverkleinerung eine Erhöhung des hydrostatischen Druckes, der sich am Ende der mit einer Membran verschlossenen Bohrung mit einer Meßtastatur abnehmen läßt. Die Meßsignale eines derartigen Druck-Weg-Wandlers repräsentieren entsprechend der Anzahl der vorhandenen Bohrungen die örtlichen Beanspruchungen innerhalb eines Lagers und werden in bekannter Weise mit Hilfe elektronischer Schaltungen ausgewertet.

Eine Veränderung in der örtlichen Beanspruchung des Lagers, verursacht beispielsweise durch einen Fehler an den Wälzkörpern oder den Laufbahnen, gleichbedeutend mit einer Veränderung der Hertz'schen Pressung, kann mit Hilfe der erfundungsgemäßen Lösung schnell und sicher erfaßt werden.

Weitere, erfundungsgemäße Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche und werden im folgenden näher beschrieben.

10 So soll nach Anspruch 2 der radiale Abstand der Bohrung von der Laufbahn des Innen- oder Außenringes das drei- bis zehnfache des Abstandes des maximalen Schubspannungspunktes betragen. Da die Vergleichsspannung im Lagerausgehend von der Laufbahn in radial Richtung abnimmt, ist gewährleistet, daß eine genügend hohe, aber nicht zu hohe Spannung in der Bohrungswand entsteht, so daß die Dauerfestigkeit des Werkstoffes an dieser Stelle nicht überschritten werden kann.

20 Aus Anspruch 3 geht hervor, daß außerhalb der Lastzone eine zweite, gleichartige radiale Bohrung angeordnet sein soll. Unter der Voraussetzung einer homogenen Temperaturverteilung im Lagerbereich erfolgt mit dieser zweiten, gleichartigen befüllten Bohrung außerhalb der Lastzone eine Vergleichsmessung. Mit dieser Vergleichs- bzw. Differenzdruckmessung kann der größere Temperaturkoeffizient der Hydraulikflüssigkeit gegenüber dem von Stahl kompensiert werden.

Aus einem weiteren Merkmal der Erfindung nach Anspruch 4 geht hervor, daß die Bohrung in der Lastzone kavernenartig ausgebildet ist. Dies ist insbesondere bei miniaturisierten Wälzlagern von Vorteil, da durch diese Ausbauchung eine höhere Füllmenge möglich ist und so die Messung sensibler ausgeführt werden kann.

35 Nach dem unabhängigen Anspruch 5 ist weiterhin vorgesehen, daß im Innen- oder Außenring mindestens eine bis in die Lastzone führende axiale Bohrung angeordnet ist, in der Lastzone ein piezoresistiver Sensor angeordnet ist, der mit einer Bewertungseinrichtung verbunden ist. Nach dem piezoelektrischen Effekt treten bei Kristallen infolge einer Deformation elektrische Ladungen an den Oberflächen auf, wobei die auftretende Ladung von der Stärke der einwirkenden Kraft abhängt.

40 45 Die in der Lastzone auftretenden Druckschwankungen beim Überrollvorgang werden durch den piezoresistiven Sensor in elektrische Signale umgewandelt und weiterverarbeitet. Der Vorteil einer piezoelektrischen Messung gegenüber einer Messung nach dem hydrostatischen Prinzip besteht darin, daß kein druckübertragendes Medium in Form einer Flüssigkeit benötigt wird.

Aus Anspruch 6 geht hervor, daß auch bei der piezoelektrischen Meßmethode der radiale Abstand der Bohrung von der Laufbahn des Innen- oder Außenringes das drei- bis zehnfache des Abstandes des maximalen Schubspannungspunktes von der Laufbahn des Innen- oder Außenringes beträgt. Wie bereits beschrieben, wird durch diese Maßnahme gewährleistet, daß die Dauerfestigkeit des Werkstoffes nicht überschritten werden kann.

55 60 Nach einem weiteren unabhängigen Anspruch 7 ist vorgesehen, daß im Innen- oder Außenring mindestens eine bis in die Lastzone führende axiale Bohrung angeordnet ist, in der Lastzone der Bohrung ein membranartiger Spiegel vorhanden ist, der mit einer Bewertungseinrichtung verbunden ist. Die durch Überrollvorgänge hervorgerufenen spannungsinduzierten elastischen Änderungen führen zu einem Spiegelreflex oder zu Licht-

spalteffekten, die beispielsweise mittels Glasfaser optisch erfaßt und weiter verarbeitet werden können.

Auch bei dieser Meßmethodik ist nach Anspruch 8 vorgesehen, daß der radiale Abstand der Bohrung von der Laufbahn des Innen- oder Außenringes das drei- bis zehnfache des Abstandes des maximalen Schubspannungspunktes beträgt.

Die Erfindung wird an nachstehendem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein einreihiges Kugellager mit einer Einrichtung zum Erfassen von lastinduzierten Spannungen,

Fig. 2 ein Diagramm mit Linien gleicher Vergleichsspannung für ein Wälzlagern mit zugehöriger Anordnung der radialen Bohrung.

Die Fig. 1 zeigt eine Lagerbaugruppe mit einer Welle 1, einem Lager 2 sowie einem Gehäuse 3. Das Lager 2 besteht aus einem Innenring 4, einem Außenring 5 und Wälzkörpern 6, die auf zugehörigen Bahnen des Innen- 4 bzw. Außenringes 5 abwälzen.

Im vorliegenden Beispiel ist der Außenring 5 mit einer radialen Bohrung 7 versehen, die an ihrem offenen Ende mit einer Membran 8 verschlossen ist. Die Bohrung 7 ist mit einer hydraulischen Flüssigkeit 11, beispielsweise Öl blasenfrei gefüllt. An der Membran 8 liegt ein Meßfühler 9 an, der mit einer Bewertungseinrichtung 10 in Verbindung steht.

Wird nun ein derartiges Lager 2 mit einer bestimmten konstanten Radiallast belastet und weist über den gesamten Umfang des Außenringes 5 verteilte radiale Bohrungen 7 mit Meßfühlern 9 auf, so zeigt jeder Meßfühler 9 die entsprechende örtliche Beanspruchung des Lagers 2 durch die Überrollvorgänge der Wälzkörper 6 an. Tritt nun beispielsweise durch einen Defekt in der Laufbahn des Außenringes 5 eine veränderte örtliche Belastung auf, so wird in dem zugehörigen Meßfühler 9 eine Druckänderung festgestellt, in ein elektrisches Signal umgewandelt und zu einer entsprechenden Bewertungseinrichtung 10 weitergeleitet.

In Fig. 2 sind in einem Diagramm der Linien gleicher Vergleichsspannung für ein beliebiges Wälzlagern die radiale Bohrung 7 und die Laufbahn des Außenringes 5 schematisch eingezeichnet. Wie zu erkennen ist, liegt der maximale Schubspannungspunkt in einem radialen Abstand  $a_1$  unterhalb des Grundes der Laufbahn des Außenringes 5. Die radiale Bohrung 7 führt bis in das Zentrum der Lastzone und ist so angelegt, daß ihr radialer Abstand  $a_2$  von der Laufbahn des Außenringes 5 etwa den dreifachen Wert des Abstandes  $a_1$  annimmt.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Welle
- 2 Lager
- 3 Gehäuse
- 4 Innenring
- 5 Außenring
- 6 Wälzkörper
- 7 axiale Bohrung
- 8 Membran
- 9 Meßfühler
- 10 Bewertungseinrichtung
- 11 hydraulische Flüssigkeit

#### Patentansprüche

55

60

65

vorgänge von Wälzkörpern hervorgerufen werden, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Innen- (4) oder Außenring (5) mindestens eine bis in die Lastzone führende axiale Bohrung (7) angeordnet ist, diese Bohrung (7) mit einer hydraulischen Flüssigkeit (11) gefüllt ist, an ihrem offenen Ende mit einer Membran (8) verschlossen ist, an der ein Meßfühler (9) angeordnet ist, der mit einer Bewertungseinrichtung (10) verbunden ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der radiale Abstand der Bohrung (7) von der Laufbahn des Innen- (4) oder Außenringes (5) das drei- bis zehnfache des Abstandes des maximalen Schubspannungspunktes von der Laufbahn des Innen- (4) oder Außenringes (5) beträgt.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb der Lastzone eine zweite, gleichartige radiale Bohrung angeordnet ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrung (7) in der Lastzone kavernenartig ausgebildet ist.

5. Einrichtung zum Erfassen von lastinduzierten Spannungen in Wälzlagern (2) die durch Überrollvorgänge von Wälzkörpern (6) hervorgerufen werden, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Innen- (4) oder Außenring (5) mindestens eine bis in die Lastzone führende axiale Bohrung (7) angeordnet ist, in der Lastzone der Bohrung (7) ein piezoresistiver Sensor angeordnet ist, der mit einer Bewertungseinrichtung (10) verbunden ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der radiale Abstand der Bohrung (7) von der Laufbahn des Innen- (4) oder Außenringes (5) das drei- bis zehnfache des Abstandes des maximalen Schubspannungspunktes von der Laufbahn des Innen- (4) oder Außenringes (5) beträgt.

7. Einrichtung zum Erfassen von lastinduzierten Spannungen in Wälzlagern (2), die durch Überrollvorgänge von Wälzkörpern (6) hervorgerufen werden, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Innen- (4) oder Außenring (5) mindestens eine bis in die Lastzone führende axiale Bohrung (7) angeordnet ist, in der Lastzone der Bohrung (7) ein membranartiger Spiegel angeordnet ist, der mit einer Bewertungseinrichtung (10) verbunden ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der radiale Abstand der Bohrung (7) von der Laufbahn des Innen- (4) oder Außenringes (5) das drei- bis zehnfache des Abstandes des maximalen Schubspannungspunktes von der Laufbahn des Innen- (4) oder Außenringes (5) beträgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

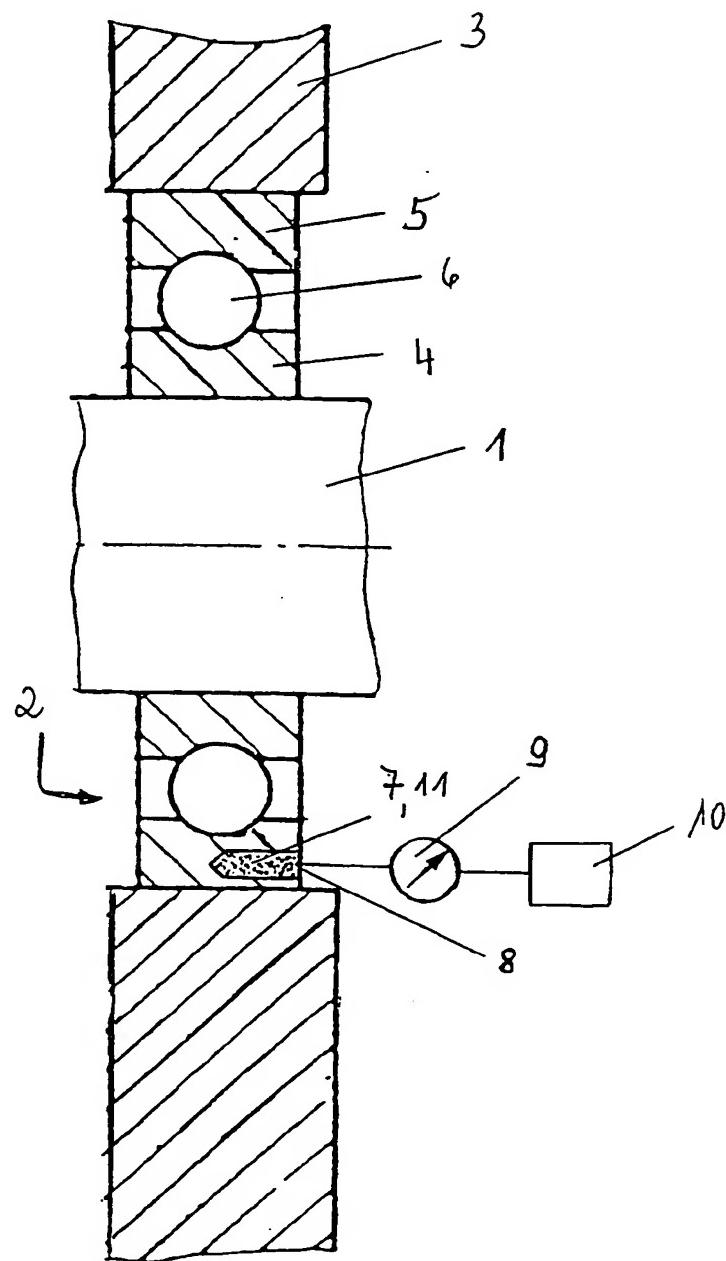


Fig. 1

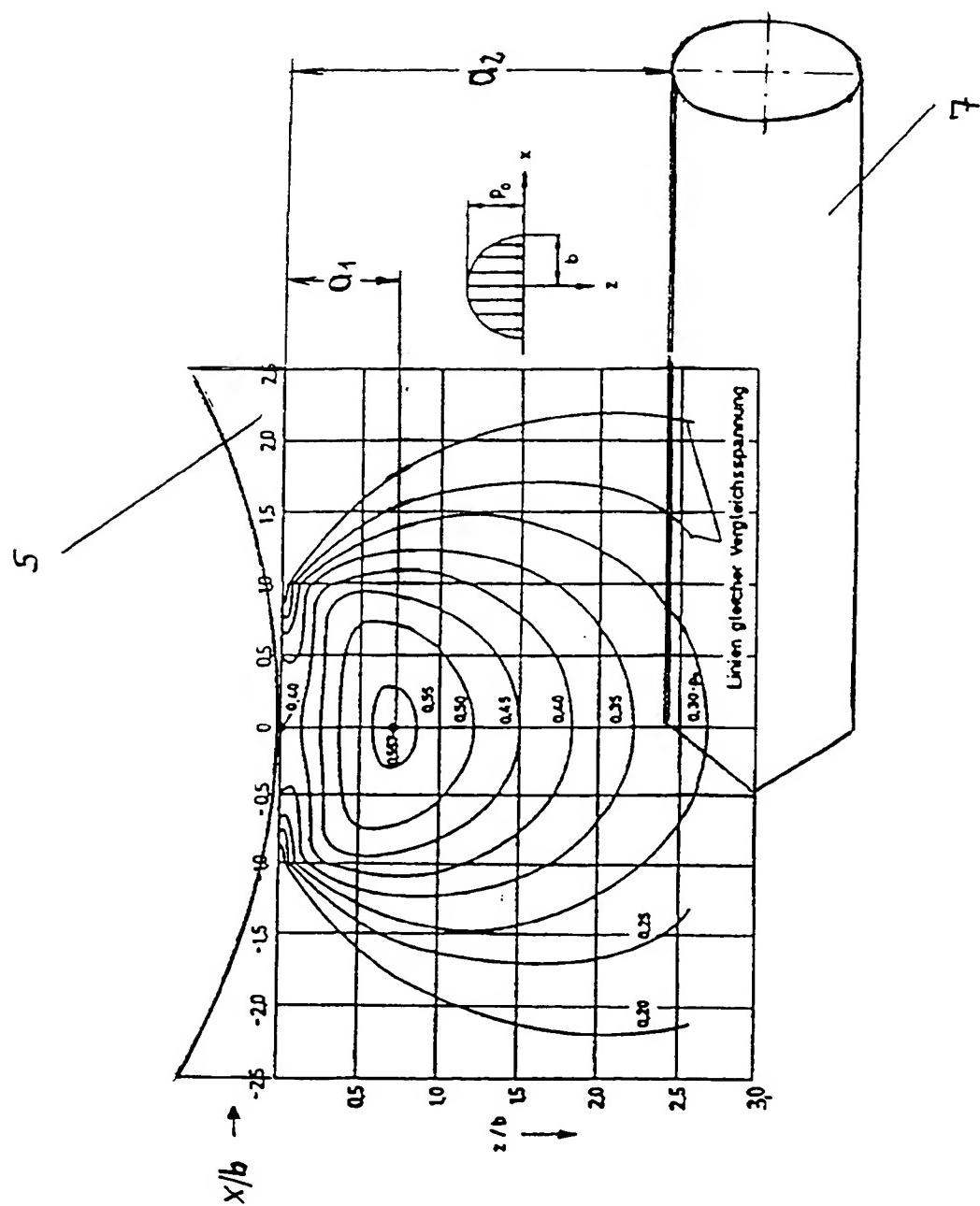


Fig. 2